

511,584

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003 年 10 月 23 日 (23.10.2003)

PCT

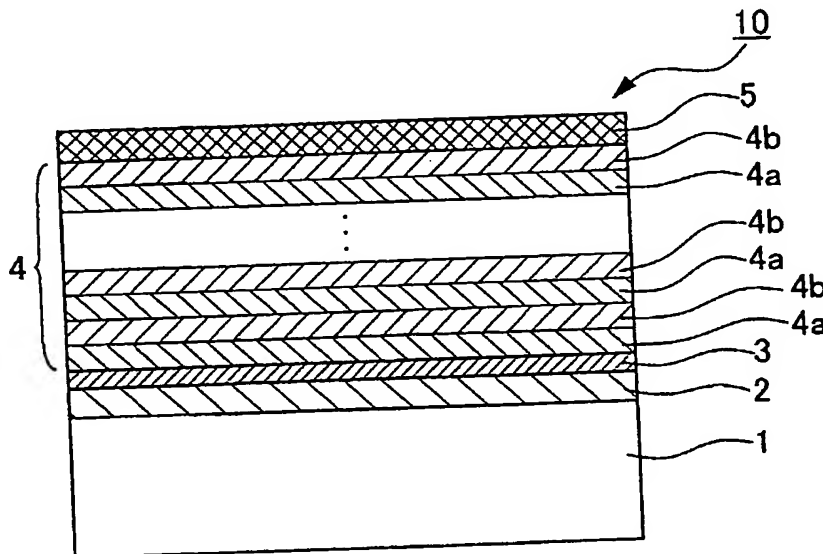
(10) 国際公開番号  
WO 03/088217 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G11B 5/738, 5/65, 5/673, 5/851  
(21) 国際出願番号: PCT/JP03/03441  
(22) 国際出願日: 2003 年 3 月 20 日 (20.03.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ: 特願2002-113648 2002 年 4 月 16 日 (16.04.2002) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): アネルバ株式会社 (ANELVA CORPORATION) [JP/JP]; 〒183-8508 東京都府中市四谷5-8-1 Tokyo (JP). 富士電機株式会社 (FUJI ELECTRIC CO.,LTD.) [JP/JP]; 〒210-9530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 Kanagawa (JP). 昭和電工株式会社 (SHOWA DENKO K.K.) [JP/JP]; 〒105-8518 東京都港区芝大門一丁目13番9号 Tokyo (JP).  
(72) 出願人 および 発明者: 高橋 研 (TAKAHASHI,Migaku) [JP/JP]; 〒982-0222 宮城県仙台市太白区人來田2丁目20-2 Miyagi (JP).  
(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): ジャヤプラウィラダビッド (DJAYAPRAWIRA,David) [ID/JP]; 〒980-0806 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉05 東北大学大学院工学研究科電子工学専攻内 Miyagi (JP). 土門 宏紀 (DOMON,Hiroki) [JP/JP]; 〒980-0806 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉05 東北大学大学院工学研究科電子工学専攻内 Miyagi (JP).  
(74) 代理人: 山口 巖, 外 (YAMAGUCHI,Iwao et al.); 〒141-0022 東京都品川区東五反田2丁目3番2号 山口国際特許事務所内 Tokyo (JP).  
(81) 指定国 (国内): KR, SG, US.  
規則4.17に規定する申立て:  
— USのための発明者である旨の申立て (規則4.17(iv))

[続葉有]

(54) Title: VERTICAL MAGNETIC RECORDING MEDIUM, METHOD FOR PRODUCING THE SAME AND MAGNETIC RECORDER

(54) 発明の名称: 垂直磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録装置



(57) Abstract: A vertical magnetic recording medium exhibiting excellent noise characteristics in which magnetic interaction is reduced in a magnetic layer. The vertical magnetic recording medium (10) comprises a nonmagnetic substrate (1), an underlying layer (2) formed directly or indirectly on the nonmagnetic substrate (1), and a magnetic layer (4) for recording magnetic information formed on the underlying layer (2), characterized in that the underlying layer (2) is composed of an alloy principally comprising two kinds of element, difference of standard free energy  $\Delta G^\circ$  for producing an oxide or a nitride of the both elements at room temperature is set not lower than

70 kJ/mol[O<sub>2</sub> or N<sub>2</sub>], and crystal grains constituting the underlying layer (2) principally comprises one of two elements having a higher  $\Delta G^\circ$ , and the grain boundary of the underlying layer (2) principally comprises an oxide or a nitride of an element having a lower  $\Delta G^\circ$ .

[続葉有]

WO 03/088217 A1



添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

磁性層における磁氣的相互作用を低減し、優れたノイズ特性を備えた垂直磁気記録媒体を提供する。

本発明に係る垂直磁気記録媒体 10 は、非磁性基板 1 と、該非磁性基板 1 上に直接または間接的に形成された下地層 2 と、該下地層 2 上に形成された磁気情報を記録するための磁性層 4 とを有し、前記下地層 2 は、2 種類の元素を主体とする合金により構成され、前記両元素の室温における酸化物または窒化物生成標準自由エネルギー  $\Delta G^\circ$  の差は、 $70 \text{ kJ/mol} [\text{O}_2 \text{ または } \text{N}_2]$  以上とされており、前記下地層 2 を構成する結晶粒は、前記 2 元素のうち  $\Delta G^\circ$  の高い元素を主体として構成され、前記下地層 2 の結晶粒界は、前記  $\Delta G^\circ$  の低い元素の酸化物または窒化物を主体として構成されていることを特徴としている。

## 明細書

## 垂直磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録装置

## 技術分野

本発明は、垂直磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録装置に係り、より詳細には、優れた特性を有する下地層を備えることにより記録再生特性を向上した垂直磁気記録媒体、その製造法と、この磁気記録媒体を備えた磁気記録装置に関するもので、本発明に係る垂直磁気記録媒体は、ハードディスク、磁気テープなどに好適に用いられる。

## 背景技術

近年、磁気記録媒体は、高密度で大容量な記録媒体としてハードディスク装置等で多用されているが、更なる高密度化を図るためにその記録再生特性の向上と磁化経時変化の低減の両立が求められており、これらの要求を満たすものとして垂直記録媒体が注目されている。

第9図と第10図は、垂直磁気記録媒体の一例であるハードディスクを示す概略図である。

第9図は、円盤型の垂直磁気記録媒体の斜視図であり、第10図は第9図に示すA-A線に沿う模式断面図である。

第9図及び第10図に示す磁気記録媒体90は、円盤型の非磁性体からなる基板92と、この基板92上に形成された裏打ち軟磁性層93と、下地層94と、中間層95と、磁性層96と保護層97とを備えて構成されている。

この例の垂直磁気記録媒体90では、たとえばガラスからなる基板92の表面上にFe-Niからなる裏打ち軟磁性層93を設け、裏打ち軟磁性層93上には、例えばインジウムスズ酸化物(ITO)からなる下地層94、

## 2

Pdからなる中間層95、Co/Pd多層膜からなる磁性層96およびカーボンなどからなる保護層97が順次積層されている。典型的な各層の厚さは、裏打ち軟磁性層93が200nm～3000nm、下地層(ITO)94が1nm～2nm、中間層(Pd)95が2nm～5nm、磁性層(Co/Pd多層膜)96が10nm～50nm、保護層97が3nm～20nmである。尚、保護層97上には、図示されていないが、パーフルオロポリエーテルなどのフッ素系の潤滑剤などが被覆されることもある。

垂直磁気記録媒体として永い間検討されてきたhcp-CoCr系合金は、高温での磁化安定性の観点から、それよりも高い垂直磁気異方性をもつ材料の探索が進んできた。そのような材料の一つとして先に記載のCo/Pd多層膜媒体が挙げられている。Co/Pd多層膜媒体は、CoとPd界面における界面異方性による大きな垂直磁気異方性をもつことが知られており、300Gb/in<sup>2</sup>以上の記録媒体として注目されている。しかし、この媒体は磁氣的な結合が強いため媒体ノイズの低減が重要な課題である。

上記Co/Pd多層膜媒体の磁氣的相互作用を低減するための手法としては以下のものが挙げられる。

まず、記録媒体の成膜時のガス圧を数十から数百mTorrまで高めること。

上記手法を用いるとCo/Pd多層膜媒体の結晶粒間に空隙ができるため、磁氣的相互作用が低減される(S. N. Piramanayagam et. al. IEEE Trans. Magn, 33(5), 3247 (1997); Lianjun Wu et. al. IEEE Trans. Magn, 33(5), 3094 (1997))。しかし、この手法を用いることで、媒体の表面が粗くなり、磁気ヘッドの浮上量を上げなければいけない。そのため、媒体の記録密度の向上ができなくなる。さらに、結晶粒間に空隙ができるため、媒体の腐食性も懸念される。

## 3

次に、ITO 酸化物シード層の採用。

1 - 2 nm の ITO 酸化物シード層を基板表面に積層することで、上記手法と同様に、媒体の結晶粒間に空隙ができ、磁氣的相互作用が低減される (W. Peng et. Al., J. Appl. Phys., 89 (9), 6358 (2000) ; A. G. Roy et.al., J. Appl. Phys, 89 (11), 7531 (2001))。その一方で、媒体表面が粗くなることと、媒体の腐食性等が懸念される。

次に、Au-SiO<sub>2</sub>等のSiO<sub>2</sub>を含むシード層の採用。

Au + 15 mol % SiO<sub>2</sub> ターゲットを rf スパッタで成膜すると、Au 結晶粒の粒界に SiO<sub>2</sub> ができる。その結果、Co/Pd 多層膜媒体の結晶粒間の磁氣的結合が弱められる (大森広之、前坂明弘、日本応用磁気学会、25, 535 (2001))。ただし、rf スパッタ成膜法では、媒体の両面スパッタが困難であり、装置が高価である等といった問題点が多数あり、一般の媒体製造装置では扱われていない。

以上述べたように、300 Gb/in<sup>2</sup> 以上の記録密度に対応できる低ノイズ Co/Pd 多層膜媒体を実現するためには、磁氣的相互作用を抑制しながら、媒体の表面粗さを劣化せず、簡便な成膜プロセスに対応する新しい下地層の開発が必須である。そこで、本発明者らは、上記課題を克服するため、磁性層の結晶粒径やその粒径分布に大きく影響する下地層に注目し、磁性層の磁氣的相互作用を低減し、ノイズ特性に優れる垂直磁気記録媒体を実現し得る新規な下地層の構成および成膜プロセスの開発に着手し、鋭意検討を重ねた結果、本発明を完成するに至った。

従って、本発明の目的の一つは、上記課題を解決し、磁性層における磁氣的相互作用を低減し、優れたノイズ特性を備えた垂直磁気記録媒体を提供することにある。

## 4

また本発明の目的の一つは、優れたノイズ特性を備えた垂直磁気記録媒体の製造方法を提供することにある。

また本発明の目的の一つは、上述の優れた特性を有する磁気記録媒体を備えた磁気記録装置を提供することにある。

## 発明の開示

本発明に係る垂直磁気記録媒体は、上記課題を解決するために、非磁性基板と、該非磁性基板上に直接または間接的に形成された下地層と、該下地層上に形成された中間層と、該中間層上に形成された磁気情報を記録するための磁性層とを有し、前記下地層は、2種類の元素を主体とする合金により構成され、前記両元素の室温における酸化物または窒化物生成標準自由エネルギー $\Delta G^\circ$ の差は、 $70 \text{ kJ/mol}$  [ $\text{O}_2$ または $\text{N}_2$ ]以上とされており、前記下地層を構成する結晶粒は、前記2元素のうち $\Delta G^\circ$ の高い元素を主体として構成され、前記下地層の結晶粒界は、前記 $\Delta G^\circ$ の低い元素の酸化物または窒化物を主体として構成されていることを特徴としている。

上記構成の磁気記録媒体によれば、下地層の結晶組織において、結晶粒は前記 $\Delta G^\circ$ の高い元素を主体として構成され、結晶粒界は前記 $\Delta G^\circ$ の低い元素の酸化物又は窒化物を主体として構成されるので、結晶粒が微細であるとともに結晶粒界により孤立化された結晶組織を有する下地層とすることができ、この構成により、下地層上に成膜される中間層及び中間層上に形成される磁性層の結晶粒が、下地層の結晶組織に沿って形成されやすくなり、特に磁性層の結晶粒間の磁氣的相互作用を弱めることが可能となる。そして、優れたノイズ特性を得ることができ、記録再生特性に優れた垂直磁気記録媒体を実現することができる。

## 5

本発明に係る垂直磁気記録媒体においては、前記下地層に含まれる  $\Delta G^\circ$  の低い元素は、B, Al, Si, Ti, Zr, Hf, Ta, Mn, Mg, Ca, Be, Ce のいずれかであることが好ましい。

本発明に係る垂直磁気記録媒体においては、前記下地層に含まれる  $\Delta G^\circ$  の低い元素の含有量は、10 at % 以上 90 at % 以下であることが好ましい。また、20 at % 以上 60 at % 以下であることがより好ましい。

本発明に係る垂直磁気記録媒体においては、前記下地層に含まれる  $\Delta G^\circ$  の高い元素は、Cu, Zn, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Re, Os, Ir, Pt, Au のいずれかであることが好ましい。

本発明に係る垂直磁気記録媒体においては、前記下地層に含まれる  $\Delta G^\circ$  の高い元素の含有量は、10 at % 以上 90 at % 以下であることが好ましい。また、40 at % 以上 80 at % 以下であることがより好ましい。

本発明に係る垂直磁気記録媒体においては、前記下地層の膜厚は、0.5 nm 以上 25 nm 以下であることが好ましい。

本発明に係る垂直磁気記録媒体においては、前記下地層と、磁性層との間に中間層が設けられており、前記中間層は、面心立方構造 (fcc) 又は細密六方晶構造 (hcp) を有することが好ましい。

本発明に係る垂直磁気記録媒体においては、前記中間層の膜厚は、0.5 nm 以上 10 nm 以下であることが好ましい。

本発明に係る垂直磁気記録媒体においては、前記磁性層は、Co と Cr を主成分とする合金により構成されていてもよい。

本発明に係る垂直磁気記録媒体においては、前記磁性層は、Co を主体とする層と、Pd を主体とする層とが交互に複数積層された多層膜であってもよい。

上記構成の垂直磁気記録媒体においては、前記C oを主体とする層は、C o X合金により構成されており、前記Xは、B, A l, S i, T i, Z r, H f, T a, M n, M g, C a, B e, C eのいずれかであることが好ましい。

次に、本発明に係る垂直磁気記録媒体の製造方法は、非磁性基板上に、下地層を形成する工程と、前記下地層上に中間層を形成する工程と、前記中間層上に磁気情報を記録するための磁性層を形成する工程とを含み、前記下地層を形成する工程において、下地層を構成する元素のうち、少なくとも1種以上の元素の酸素物又は窒素物を下地層中に形成することを特徴としている。

係る構成の製造方法によれば、下地層中に当該下地層の構成元素の酸化物又は窒化物を形成することで、下地層の結晶粒を微細化することができるとともに、上記酸化物又は窒化物が結晶粒界に優先的に析出するので、結晶粒の孤立性を高めることができるので、下地層上に形成される中間層及び磁性層の結晶粒の孤立性を高め、磁性層の結晶粒間の磁氣的相互作用を抑えることができる。従って、本発明に係る製造方法によれば、優れたノイズ特性、記録再生特性を有する垂直磁気記録媒体を容易に製造することができる。

本発明に係る垂直磁気記録媒体の製造方法においては、前記下地層を2種類の元素を主体とする合金で構成し、前記両元素を、室温における酸化物または窒化物生成標準自由エネルギー $\Delta G^\circ$ の差が $70 \text{ kJ/mol} [\text{O}_2 \text{ または } \text{N}_2]$ 以上である2元素により構成することが好ましい。

本発明に係る垂直磁気記録媒体の製造方法においては、前記下地層を成膜する工程において、酸素又は窒素を含む成膜ガスを用い、前記成膜ガス中の酸素又は窒素の分圧を、 $10^{-6} \text{ Torr}$ 以上 $6 \times 10^{-2} \text{ Torr}$ 以下とすることが好ましい。



本発明に係る垂直磁気記録媒体の製造方法においては、前記磁性層を成膜する工程において、酸素又は窒素を含む成膜ガスを用い、前記成膜ガス中の酸素又は窒素の分圧を、 $10^{-6}$ Torr以上 $6 \times 10^{-2}$ Torr以下とすることが好ましい。

本発明に係る垂直磁気記録媒体の製造方法においては、前記下地層を成膜後に、該下地層の表面を酸素又は窒素を含む雰囲気暴露する工程を含むことができる。

本発明に係る垂直磁気記録媒体の製造方法においては、前記下地層を構成する合金として、該合金に含まれる前記 $\Delta G^\circ$ の低い元素が、B, Al, Si, Ti, Zr, Hf, Ta, Mn, Mg, Ca, Be, Ceのいずれかである合金を用いることが好ましい。

本発明に係る垂直磁気記録媒体の製造方法においては、前記合金に含まれる $\Delta G^\circ$ の低い元素の含有量を、10at%以上90at%以下とすることが好ましい。また、前記合金に含まれる $\Delta G^\circ$ の低い元素の含有量を、20at%以上60at%以下とすることがより好ましい。

本発明に係る垂直磁気記録媒体の製造方法においては、前記下地層を構成する合金として、該合金に含まれる前記 $\Delta G^\circ$ の高い元素が、Cu, Zn, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Re, Os, Ir, Pt, Auのいずれかである合金を用いることが好ましい。

本発明に係る垂直磁気記録媒体の製造方法においては、前記合金に含まれる $\Delta G^\circ$ の高い元素の含有量を、10at%以上90at%以下とすることが好ましい。また、前記合金に含まれる $\Delta G^\circ$ の高い元素の含有量を、40at%以上80at%以下とすることがより好ましい。

次に、本発明に係る磁気記録装置は、先に記載の本発明の垂直磁気記録媒体と、該垂直磁気記録媒体を駆動するための駆動部と、磁気情報の記録再生

を行うための磁気ヘッドとを備え、移動する前垂直記磁気記録媒体に対して前記磁気ヘッドにより磁気情報の記録再生を行うことを特徴とする。

上記構成の磁気記録装置によれば、優れた記録再生特性を有する本発明の垂直磁気記録媒体により高密度での情報の記録再生が可能であるとともに、高速回転するスピンドルや制御チップ等の発熱により加熱された状態で長時間使用しても磁気特性に劣化を生じることのない、優れた信頼性を有する磁気記録装置を提供することができる。

#### 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の一実施の形態である磁気記録媒体の断面構成図である。

第2図は、本発明の実施例1における保磁力 $H_c$ の測定結果を示すグラフである。

第3図は、本発明の実施例1における異方性磁界 $H_k$ の測定結果を示すグラフである。

第4図は、本発明の実施例2における保磁力角形比 $\alpha$ の測定結果を示すグラフである。

第5図は、本発明の実施例1における保磁力 $H_c$ の測定結果を示すグラフである。

第6図は、本発明の実施例1における異方性磁界 $H_k$ の測定結果を示すグラフである。

第7図は、本発明に係る磁気記録装置の断面構成図である。

第8図は、第7図に示す磁気記録装置の一部断面を含む平面構成図である。

第9図は、磁気記録媒体の一例を示す斜視図である。

第10図は、第9図に示す磁気記録媒体の断面構造を示す図である。

(符号の説明)

## 9

## 1 0 垂直磁気記録媒体

1 基板

2 下地層

3 中間層

4 磁性層

4 a C o 層 (C o を主体とする層)

4 b P d 層 (P d を主体とする層)

5 保護層

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

第 1 図及び第 2 図は本発明に係る磁気記録媒体をコンピュータのハードディスクに適用した一実施形態の断面構造を模式的に示すもので、第 1 図に示す磁気記録媒体 1 0 は、円盤状の非磁性体からなる基体 1 上に、下地層 2 を介して、中間層 3 と、磁性層 4 と、保護層 5 とを積層してなる構造とされている。そして、前記磁性層 4 は、金属下地層 2 側から、C o を主体とする C o 層 4 a と、P d を主体とする P d 層 4 b とを交互に複数積層した構造とされている。この種の構造を有する磁気記録媒体を、本明細書では C o / P d 多層膜媒体と呼ぶこともある。

また、第 1 図に示す本実施形態の磁気記録媒体 1 0 の積層構造は、本発明に係る磁気記録媒体の最も基本的な構造であるので、基体 1 と磁性層 4 との間に他の中間層を必要に応じて設けた構成としても良い。また、保護層 5 の上にフッ素系の潤滑剤からなる潤滑層を設けても良いのは勿論である。

以下、第 1 図を参照して本発明に係る磁気記録媒体の基本構成を備えた磁気記録媒体 1 0 をさらに詳細に説明する。

## 10

## (基体)

本発明に係る基体 1 としては、例えば、アルミニウムとその合金あるいは酸化物、チタンとその合金或いは酸化物、またはシリコン、ガラス、カーボン、セラミック、プラスチック、樹脂およびそれらの複合体化からなる基板の表面に、異種材質の非磁性層をスパッタ法、蒸着法、メッキ法等の成膜法により、表面コーティング処理を行ったものを例示することができる。

基体 1 の形状としては、ディスク用途の場合、ドーナツ円盤状のものが使われる。後述する強磁性金属層等を設けた基体、すなわち磁気記録媒体は、磁気記録および再生時、円盤の中心を軸として、例えば  $3600 \text{ rpm} \sim 15000 \text{ rpm}$  の速度で回転させて使用される。このとき、磁気記録媒体の表面又は裏面の上空を磁気ヘッドが  $0.1 \mu\text{m}$  程度の高さ、あるいは数  $10 \text{ nm}$  の高さを持って浮上走行する。また、さらに低浮上量の  $10 \text{ nm}$  以下の高さで浮上走行する磁気ヘッドの開発もなされている。従って、基体 1 としては表面又は裏面の平坦性、表裏両面の平行性、基体円周方向のうねり、および表裏面の粗さが適切に制御されたものが望ましい。

## (下地層)

本実施形態の磁気記録媒体 10 の下地層 2 は、スパッタ法や蒸着法などにより形成することができ、その構成としては、2 元素の合金を主体とし、前記 2 元素の酸化物又は窒化物生成標準自由エネルギー  $\Delta G^\circ$  の差が、 $70 \text{ kJ/mol}$  [ $\text{O}_2$  又は  $\text{N}_2$ ] 以上とされたものが用いられる。そして、本発明に係る下地層 2 は、これら 2 元素のうち  $\Delta G^\circ$  の高い元素を主体として下地層 2 の結晶粒が構成され、 $\Delta G^\circ$  の低い元素は酸化物又は窒化物を形成するとともに下地層 2 の結晶粒界に偏析する。このような構成とされていることで、本発明に係る下地層 2 は、微細な結晶粒が結晶粒界により分離孤立され、かつ結晶粒径が均一である結晶組織を備えたものとされている。この下地層

2の結晶組織により、下地層2上に形成される中間層3及び磁性層4は、その結晶粒が微細化されるとともに、結晶粒が高度に孤立化された結晶組織を有して形成される。従って、磁性層4における結晶粒の磁氣的相互作用が低減され、低ノイズで記録再生特性に優れた垂直磁気記録媒体を実現することができる。

また、下地層2は、必要に応じて複数の層を積層した構成とすることができる。

下地層2の主成分を成す2元素の前記 $\Delta G^\circ$ の差が $70\text{ kJ/mol}$ 未満の場合には、成膜中に酸素や窒素を微量添加することで下地層を二相分離構造にすることが困難となり、磁性層の結晶粒間の磁氣的相互作用を低減する効果を得ることができない。

前記下地層2を構成する成分は、より具体的には、下地層2の主成分である2元素のうち $\Delta G^\circ$ の低い方の元素は、B, Al, Si, Ti, Zr, Hf, Ta, Mn, Mg, Ca, Be, Ceのいずれかとするのが好ましく、前記 $\Delta G^\circ$ の高い方の元素は、Cu, Zn, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Re, Os, Ir, Pt, Auのいずれかとするのが好ましい。上述の2種の元素の合金を主成分とする本発明に係る下地層2に用いる合金の具体例としては、PdSi合金、NiZr合金、NiTa合金、NiNb合金、NbAl合金、NbSi合金、RuSi合金、RuAl合金、RuZr合金等を挙げることができる。また、下地層2を構成する合金にCr、Co、B、Ta等の元素を必要に応じて添加しても良い。

前記下地層2を構成する合金において、前記 $\Delta G^\circ$ が低い方の元素の含有量は、 $10\text{ at}\%$ 以上 $90\text{ at}\%$ 以下であることが好ましい。前記含有量が $10\text{ at}\%$ 未満では、均一な幅を有する結晶粒界の形成が困難であり、 $90$

## 12

a t %を越えると、結晶粒界幅が太すぎて結晶粒径も小さくなりすぎるため、媒体の記録密度が低下することになる。

また、前記  $\Delta G^\circ$  の低い方の元素の含有量は、20 a t %以上60 a t %以下であることがより好ましく、このような範囲とすることで、結晶粒界幅を最適な幅に制御でき、目標の記録密度に応じた媒体の磁氣的相互作用の大きさを調整することができる。

また、前記  $\Delta G^\circ$  が高い方の元素の含有量は、10 a t %以上90 a t %以下であることが好ましい。前記含有量が10 a t %未満では、結晶粒界幅が太すぎて結晶粒径も小さくなりすぎるため、媒体の記録密度が低下することになり、90 a t %を越えると、均一な幅を有する結晶粒界の形成が困難である。

また、前記  $\Delta G^\circ$  の高い方の元素の含有量は、40 a t %以上80 a t %以下であることがより好ましく、このような範囲とすることで、結晶粒界幅を最適な幅に制御でき、目標の記録密度に応じた媒体の磁氣的相互作用の大きさを調整することができる。

また前記下地層2の膜厚は、0.5 n m以上25 n m以下とすることが好ましい。膜厚が0.5 n m以下では、下地層2の結晶粒の結晶成長が不十分であり、25 n mを越えると、下地層2の結晶粒径が粗大化し、媒体ノイズの増大に繋がる。

(中間層)

下地層2と磁性層4の間に設けられる中間層3は、磁性層のエピタクシャル成長の促進を目的として形成され、面心立方構造(f c c)又は最密六方構造(h c p)を有する金属膜から構成されることが好ましい。この中間層3を構成する材料としては、特に限定されるものではないが、C o C r 合金、C o C r R u 合金、P d、C u、P t、R u等を挙げることができる。

## 13

中間層 3 の膜厚は、0.5 nm 以上 10 nm 以下とすることが好ましい。膜厚が 0.5 nm 以下では、膜中の結晶粒の成長が不十分であり、10 nm を越えると、磁性層の結晶粒径が粗大化される。

## (磁性層)

磁性層 4 は、第 1 図に示すように、Co を主体とする材料からなる Co 層 4 a と、Pd を主体とする材料からなる Pd 層 4 b とを交互に複数積層した構造を有する Co/Pd 多層膜である。

Co 層 4 a を構成する材料としては、Co 単体のほか、CoX なる組成を有する合金を用いることができる。ここで前記 X は、B, Al, Si, Ti, Zr, Hf, Ta, Mn, Mg, Ca, Be, Ce のいずれかとされることが好ましい。このような CoX 合金を用いることで、X 元素を結晶粒界に偏析させ、強磁性結晶粒を覆うことで磁性層の磁氣的相互作用を低減することができる。この Co 層 4 a の膜厚は、特に限定されないが、例えば 0.2 nm ~ 0.35 nm である。なぜなら、この膜厚範囲において媒体の垂直磁気異方性が最大値を示すからである。

Pd 層 4 b を構成する材料としては、Pd 単体のほか、Pd と、Pd B、Pd Si、Pd Al 等の元素との合金を用いることができ、場合によっては、Pd に代えて、Pt を主体とする材料で構成することもできる。この Pd 層 4 b の膜厚は、特に限定されないが、例えば 0.8 nm ~ 1.2 nm である。

また、上記 Co/Pd 多層膜からなる磁性層 4 において、Co 層 4 a と Pd 層 4 b の積層数は、垂直磁気記録媒体 10 と組み合わせられる磁気ヘッドの特性により適宜最適な積層数とすればよい。

上記構成の Co/Pd 多層膜からなる磁性層を有する垂直磁気記録媒体では、磁性層の磁氣的相互作用に起因する媒体ノイズが問題とされてきたが、本発明に係る垂直磁気記録媒体では、上述した下地層 2 の作用により、磁性

層 4 を構成する結晶粒の磁氣的な孤立性を高めることができ、磁性層 4 における磁氣的相互作用を低減することができる。これにより、優れた記録再生特性を備え、高記録密度に対応することが可能な垂直磁気記録媒体を得ることができる。

本実施形態では、磁性層 4 を Co/Pd 多層膜で構成した場合について説明したが、本発明に係る垂直磁気記録媒体においては、磁性層 4 として Co と Cr を主成分とする合金を用いることもできる。このような CoCr 合金の磁性層とした場合にも、下地層 2 の作用により、結晶粒が微細であり、かつ結晶粒が高度に孤立化した磁性層を構成することができ、磁性結晶粒間の磁氣的相互作用がされることで、ノイズ特性に優れた垂直磁気記録媒体とすることができる。

以下に、上記の構成の磁気記録媒体 10 をスパッタ法により製造する場合について説明する。

#### (スパッタ法)

本発明に係る磁気記録媒体 10 を製造する方法の一例であるスパッタ法として、例えば、基体 1 がターゲットの前を移動しながら薄膜が形成される搬送型スパッタ法と、基体 1 をターゲットの前に固定して薄膜が形成される静止型スパッタ法を例示することができる。

前者の搬送型スパッタ法は、量産性が高いため、低コストな磁気記録媒体の製造に有利であり、後者の静止型スパッタ法は、基体 1 に対するスパッタ粒子の入射角度が安定なために、記録再生特性に優れる磁気記録媒体の製造が可能とされる。本発明に係る磁気記録媒体 10 を製造する際には、搬送型、静止型のいずれかに限定されるものではない。



## 15

本発明に係る磁気記録媒体 10 は、上述のスパッタ法により、基体 1 上に順次下地層 2、中間層 3、磁性層 4 (Co 層 4a と Pd 層 4b との繰り返し積層) 及び保護層 5 を成膜することで製造することができる。

そして、本実施形態の製造方法により磁気記録媒体 10 を製造する場合、下地層 2 の成膜中又は成膜前に、酸素及び／又は窒素を含む雰囲気中に基体 1 を配置し、下地層 2 中に、下地層 2 の構成元素の酸化物又は窒化物を形成する。下地層 2 は、上述のように、酸化物又は窒化物生成標準自由エネルギー  $\Delta G^\circ$  が異なる 2 種類の元素の合金を主体として構成され、その  $\Delta G^\circ$  の差が  $70 \text{ kJ/mol}$  以上とされているので、下地層 2 を酸素又は窒素を含む成膜ガスを用いて成膜した場合には、上記  $\Delta G^\circ$  が比較的小さい元素の酸化物又は窒化物が下地層 2 中に形成され、かつその酸化物又は窒化物は、上記  $\Delta G^\circ$  が比較的大きい元素を主成分とする結晶粒の粒界に配置される。例えば、PdSi からなる下地層 2 を Ar/O<sub>2</sub> ガスを用いたスパッタ法により成膜した場合には、Pd を主成分とする微細な結晶粒の周囲に、Si の酸化物を主成分とする相が析出する。このようにして成膜された下地層 2 においては、 $\Delta G^\circ$  が高い元素を主体とする結晶粒が、上記  $\Delta G^\circ$  が低い元素の酸化物又は窒化物により高度に孤立化されるとともに、結晶粒が微細でその粒径分布が均一なものとなるため、この下地層 2 上に形成される中間層 3 及び磁性層 4 の結晶粒も微細で均一に分布したものとなる。従って、磁性層 4 の磁氣的相互作用が低減され、媒体ノイズの低減を達成することができる。

上記酸素又は窒素を含む成膜ガスを用いて下地層 2 の成膜を行う場合、過剰な酸素、窒素添加を行うと下地層 2 を構成する材料によっては、酸素または窒素が上層の中間層や磁性層に拡散し、各層の結晶性を劣化させる場合がある。従って、酸素や窒素の添加量は、Ar または希ガスとの混合ガスにお

ける分圧で、 $10^{-6}$  Torr 以上  $6 \times 10^{-2}$  Torr 以下の範囲とすることが好ましい。

また、本発明に係る製造方法においては、下地層 2 を成膜後、酸素および／または窒素を含む雰囲気の下地層 2 の表面を曝露することもできる。このような曝露を行うことで、下地層 2 表面に所定量の酸素や窒素を吸着させることができ、下地層 2 上に形成される中間層 3 及び磁性層 4 の結晶粒を微細化するとともに、磁性層 4 においては磁氣的相互作用を低減することができる。この曝露処理では、酸素や窒素の分圧、および曝露時間により下地層 2 表面への吸着量を制御することが可能であるが、実際の製造における酸素や窒素の分圧、曝露時間は、下地層 2 を構成する材料の酸素との親和力に応じた適宜最適な圧力や時間に設定すればよい。また、酸素や窒素を希ガスで希釈したガスを用いてもよい。

また、本発明に係る下地層 2 としては複数の層を積層した構造とすることができるが、本発明に係る製造方法においては、下地層 2 を構成する層のうち、少なくとも最も磁性層 4 側に形成される層において上述した成膜方法を用いて成膜すればよい。すなわち、下地層 2 が NiZr 膜上に PdSi 膜を積層した構造である場合には、少なくとも PdSi 膜において、 $\Delta G^\circ$  の小さい元素 (Pd) を主体とする結晶粒を取り囲んで、 $\Delta G^\circ$  の小さい元素 (Si) の酸化物又は窒化物が配置されていれば、磁性層 4 の磁氣的相互作用の低減効果を得ることができる。尚、上記 PdSi 膜の下側 (基板側) に配置される NiZr 膜に上述の成膜方法を適用してもよいのは勿論である。

あるいは、磁性層 4 の成膜に用いるガスとして、Ar 又はこれ以外の希ガスに、酸素及び／又は窒素を添加した混合ガスを用いて成膜することにより、磁性層 4 の磁氣的相互作用を低減させることもできる。この方法では、磁性層 4 の内部に酸素や窒素が取り込まれるために、場合によっては磁性層 4 の

## 17

結晶性が低下して保磁力が低下することになる。従って、磁性層4の成膜ガスに酸素や窒素を添加する場合、Ar又は希ガスとの混合ガスにおける分圧で、 $10^{-6}$ Torr以上 $6 \times 10^{-2}$ Torr以下とすることが好ましい。

## (実施例)

以下に実施例を挙げて本発明をより詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

## (実施例1)

本実施例では、垂直磁気記録媒体を種々の条件で作製し、磁気特性の評価を行った。

結晶化ガラス基板上に、NiZr<sub>40</sub>からなるシード層(下地層)を成膜し、その後、前記NiZrシード層表面を大気暴露した後、膜厚5nmのPd下地(中間層)、[CoB<sub>15</sub>(膜厚0.2nm)/Pd(膜厚1nm)]<sub>20</sub>磁性膜(磁性層)、C保護膜(保護層)を順次スパッタ法により成膜して垂直磁気記録媒体を作製した。尚、上記磁性膜は、CoB層とPd層を交互に20層ずつ積層したCo/Pd多層膜である。

本例では、シード層を設けないものも含め、シード層厚さを1nm~10nmの範囲で変化させた6種類の試料を作製した。本実施例において作製した磁気記録媒体の構成及び成膜条件を以下に示す。

基本構成：結晶化ガラス基板/NiZr<sub>40</sub>シード層(膜厚0~10nm)/Pd下地(膜厚5nm)/[CoB<sub>15</sub>(膜厚0.2nm)/Pd(膜厚1nm)]<sub>20</sub>磁性膜/C保護膜(膜厚6nm)

基板温度：室温

NiZrシード層成膜時のガス圧：5mTorr

Pd下地と磁性膜成膜時のガス圧：60mTorr

## 18

また、比較試料として、下地層 2 に I T O シード層を用い、膜厚を 1 ~ 5 nm の範囲で変化させた以外は上記と同様の構成の垂直磁気記録媒体を上記と同様条件にて作製した。

次に、上記にて得られた磁気記録媒体について、磁気特性の評価を行った結果を第 2 図及び第 3 図に示す。第 2 図は、保磁力  $H_c$  の測定結果であり、第 3 図は、異方性磁界  $H_k$  の測定結果である。

まず、第 2 図のグラフに示すように、従来用いられている I T O シード層を用いた媒体に比して、 $NiZr_{40}$  シード層を採用した本発明の構成を備えた垂直磁気記録媒体は、保磁力  $H_c$  が 600 ~ 1500 Oe 程度向上していることが確認できた。また、シード層を設けない媒体と比較すると、 $H_c$  が 2 k Oe 程度増加することが確認された。

また、本例では  $NiZr_{40}$  シード層を成膜した後、大気暴露を行ったが、 $NiZr_{40}$  シード層を酸素または酸素を含む混合ガスで暴露しても同等な保磁力が得られた。また、 $NiZr_{40}$  シード層を酸素または酸素を含む混合ガス雰囲気中で成膜しても同等な保磁力が得られた。

第 3 図は、同媒体の異方性磁界  $H_k$  のシード層厚依存性を示すグラフである。この図に示すように、シード層の有無、厚さおよび材料に依存せず  $H_k$  の値が約 30 k Oe と一定な値を示している。このことから、第 2 図に示した  $NiZr$  シード層を用いることによる  $H_c$  の増加は、磁性層の異方性磁界の増加によるものではなく、 $NiZr$  シード層による  $H_c$  の増加は、磁性層の結晶粒間の磁氣的相互作用が減少したためと考えられる。

また、上記  $NiZr$  シード層に代えて、 $Ni_{50}Ta_{40}$  シード層、 $Ni_{50}Nb_{40}$  シード層を用いた垂直磁気記録媒体を上記の条件で作製し、その磁気特性を評価したところ、いずれのシード層を用いた媒体においても、I T O シー

ド層を用いた媒体に比して6000e以上の保磁力の向上が確認され、 $H_k$ についてはシード層の有無や膜厚によらず一定であった。

(実施例2)

次に、実施例2として、結晶化ガラス基板上に、膜厚2.5nmのNiZrシード層（下地層）、膜厚5nmのPdSi<sub>18</sub>シード層（下地層）、[CoB<sub>15</sub>（0.2nm）/Pd（1nm）]<sub>20</sub>磁性膜（磁性層）、膜厚6nmのカーボン保護膜（保護層）を順次積層した垂直磁気記録媒体を作製した。すなわち、本実施例では、NiZrシード層とPdSiシード層の2層構造の下地層を有する垂直磁気記録媒体を作製した。

本例では、PdSiシード層及び磁性層の成膜工程において、成膜ガスとして純Arガス、Ar/O<sub>2</sub>混合ガスを用いるとともに、成膜ガス中のO<sub>2</sub>ガス流量を変化させた複数の試料を作製した。Arガスの流量はO<sub>2</sub>添加の有無に関わらず110sccmで一定とした。本実施例において作製した磁気記録媒体の構成及び成膜条件を以下に示す。

基本構成：結晶化ガラス基板/NiZr<sub>40</sub>シード層（膜厚2.5nm）/PdSi<sub>18</sub>シード層（膜厚5nm）/[CoB<sub>15</sub>（膜厚0.2nm）/Pd（膜厚1nm）]<sub>20</sub>磁性膜/C保護膜（膜厚6nm）

基板温度：室温

NiZrシード層成膜時のガス圧：5mTorr

PdSiシード層と磁性膜成膜時のガス圧：60mTorr

次に、上記にて得られた磁気記録媒体について、磁気特性の評価を行った結果を第4図ないし第6図に示す。第4図は、上記にて得られた媒体の保磁力角形比 $\alpha$ のO<sub>2</sub>ガス流量依存性を示すグラフであり、第5図は、同、保磁力 $H_c$ の測定結果であり、第6図は、同、異方性磁界 $H_k$ の測定結果である。

第4図に示すPdSi<sub>18</sub>シード層を用いた(CoB/Pd)多層膜媒体の保磁力角型 $\alpha$ の大きさは、磁性結晶粒間の交換相互作用の強さに対応する。第4図に示すように、磁性層にO<sub>2</sub>を添加した場合でも、PdSi<sub>18</sub>シード層にO<sub>2</sub>を添加した場合でも、O<sub>2</sub>の添加量に応じて $\alpha$ は単調に減少し、O<sub>2</sub>流量を2 sccm (約0.3 mTorr)とした試料においては、 $\alpha$ の大きさが3程度にまで減少している。このことから、磁性層またはPdSi<sub>18</sub>シード層にO<sub>2</sub>を添加することで結晶粒間の磁氣的相互作用を大幅に低減できることが確認された。

次に、第5図に示す同媒体の保磁力H<sub>c</sub>の酸素ガス添加依存性について説明する。PdSi<sub>18</sub>シード層成膜時に成膜ガスにO<sub>2</sub>を添加した場合、2.0 sccm (約0.3 mTorr)まで成膜ガスにO<sub>2</sub>を添加しても、H<sub>c</sub>の値が約3.5 kOeと一定である。しかし、磁性層成膜時に2.0 sccm (約0.3 mTorr)までO<sub>2</sub>を添加すると、H<sub>c</sub>が1.0 kOeまで急激に低下している。

次に、第6図に示す異方性磁界H<sub>k</sub>においても、上記保磁力H<sub>c</sub>と同様に、PdSi<sub>18</sub>シード層成膜時のO<sub>2</sub>添加ではH<sub>k</sub>はほとんど変化していないのに対し、磁性層成膜時のO<sub>2</sub>添加ではO<sub>2</sub>流量を2.0 sccmとしたものにおいて急激なH<sub>k</sub>の低下がみられる。

これらから、磁性層にO<sub>2</sub>を過剰に添加すると磁性層の異方性磁界H<sub>k</sub>（いわゆる磁性材料の保磁力の潜在能力）が大幅に減少し、その結果媒体の保磁力が急激に減少することが示唆される。このことから、 $\alpha$ が小さく、かつ、H<sub>c</sub>の大きい多層膜媒体を両立するためには、PdSi<sub>18</sub>シード層へのO<sub>2</sub>添加プロセスが非常に有効であり、磁性層へO<sub>2</sub>添加する場合でもその添加量を適切な範囲とすることで有為な効果を得られることが確認された。

## 21

次に、本実施例の  $\text{PdSi}_{18}$  シード層への  $\text{O}_2$  添加効果を明らかにするため、媒体の断面TEM観察を行った。その結果、本来アモルファスである  $\text{PdSi}_{18}$  下地層が結晶化されていることが判明した。また、この  $\text{PdSi}_{18}$  シード層の結晶粒には  $\text{Si-poor}$  の  $\text{PdSi}$  相ができており、結晶粒界には  $\text{SiO}_2$  を主相とするアモルファス相ができていたことが明らかとなった。

このことから、 $\text{PdSi}_{18}$  シード層では、 $\text{O}_2$  を添加することで原子半径が小さく、かつ、酸素親和性の高い  $\text{Si}$  が結晶粒界に偏析しやすくなり、その結果  $\Delta G^\circ$  の高い  $\text{Pd}$  を主成分として含む結晶粒の周囲の結晶粒界が、 $\Delta G^\circ$  の低い元素である  $\text{Si}$  の酸化物を主体として構成されることで、本発明に係る下地層を構成していることが確認された。

また、 $\text{CoB/Pd}$  多層膜で構成された磁性膜においては、この  $\text{PdSi}_{18}$  シード層の結晶粒界に沿って ( $\text{CoB/Pd}$ ) 磁性膜の  $\text{B}$  が偏析し、磁性層の結晶粒界を形成していることが確認された。本実施例の磁気記録媒体において、磁性結晶粒間の磁氣的相互作用が大幅に低減されるのは、このシード層の粒界に沿って偏析した  $\text{B}$  によるものであると考えられる。

また、上記実施例1で作製したITOシード層を有する従来構成の磁気記録媒体についてもTEM観察を行ったところ、本実施例の媒体と磁性層の構成は同一であるにも関わらず、 $\text{B}$  の偏析は極めて少なかった。この点からも、本実施例の媒体において磁性層の  $\text{B}$  偏析が促進されるのは本発明の構成を有する  $\text{PdSi}$  シード層によるものであるといえる。

尚、上記実施例では媒体を構成する各層の成膜法として直流マグネトロンスパッタ法を用いたが、RFスパッタ法、レーザ蒸着法、イオンビーム成膜などの他の成膜法を実施しても良いのはもちろんである。

また、磁性層成膜時のスパッタガスはArよりもより原子量の大きいクリプトンKrやキセノンXeが好ましい。これらのガスをスパッタ時に用いると、Co/Pd多層膜の層間のミクシングが起こりにくく、高い垂直磁気異方性の発現に繋がる。

(磁気記録装置)

次に、本発明に係る磁気記録装置を図面を参照して以下に説明する。第7図は、本発明に係る磁気記録装置であるハードディスク装置の一例を示す側断面図であり、第8図は、第7図に示す磁気記録層の平断面図である。第7図および第8図において、50は磁気ヘッド、70はハードディスク装置、71は筐体、72は磁気記録媒体、73はスペーサ、79はスイングアーム、78はサスペンションである。本実施形態に係るハードディスク装置70は、先に記載の本発明の磁気記録媒体を搭載している。

ハードディスク装置70は、円盤状の磁気記録媒体72や、磁気ヘッド50などを収納する内部空間を備えた直方体形状の筐体71が外径を成しており、この筐体71の内部には複数枚の磁気記録媒体72がスペーサ73と交互にスピンドル74に挿通されて設けられている。また、筐体71にはスピンドル74の軸受け(図示せず)が設けられ、筐体71の外部にはスピンドル74を回転させるためのモータ75が配設されている。この構成により、全ての磁気記録媒体72は、スペーサ73によって磁気ヘッド50が入るための間隔を空けて複数枚重ねた状態で、スピンドル74の周回りに回転自在とされている。

筐体71の内部であって磁気記録媒体72の側方位置には、軸受け76によってスピンドル74と平行に支持されたロータリ・アクチュエータと呼ばれる回転軸77が配置されている。この回転軸77には複数個のスイングアーム79が各磁気記録媒体72の間の空間に延出するように取り付けられ



## 23

ている。各スイングアーム 79 の先端には、その上下位置にある各磁気記録媒体 72 の表面と傾斜して向かう方向に固定された、細長い三角板状のサスペンション 78 を介して磁気ヘッド 50 が取り付けられている。この磁気ヘッド 50 は、図示されていないが、磁気記録媒体 72 に対して情報を書き込むための記録素子と、磁気記録媒体 72 から情報を読み出すための再生素子を備えるものである。

上記構成によれば、磁気記録媒体 72 を回転させ、磁気ヘッド 50 をスイングアーム 79 の移動により磁気記録媒体 72 の半径方向に移動させることができるので、磁気ヘッド 50 は磁気記録媒体 72 上の任意の位置に移動可能となっている。

上述した構成のハードディスク装置 70 では、磁気記録媒体 72 を回転させるとともに、スイングアーム 79 を移動させて磁気ヘッド 50 を磁気記録媒体 72 を構成している強磁性金属層に磁気ヘッド 50 が発生した磁界を作用させることにより磁気記録媒体 72 に所望の磁気情報を書き込むことができる。また、スイングアーム 79 を移動させて磁気ヘッド 50 を磁気記録媒体 72 上の任意の位置に移動させ、磁気記録媒体 72 を構成している磁性層からの漏れ磁界を磁気ヘッドの再生素子で検出することにより磁気情報を読み出すことができる。

このように磁気情報の読み出しと書き込みを行う場合において、磁気記録媒体 72 が、先に説明した如く優れた記録再生特性を有しているならば、高記録密度での常法の記録再生が可能であり、大容量で高速なハードディスク装置 70 を提供することができる。

尚、第 7 図、8 を基に先に説明したハードディスク装置 70 は、磁気記録装置の一例を示すものであるので、磁気記録装置に搭載する磁気記録媒体の枚数は、1 枚以上の任意の枚数で良く、搭載する磁気ヘッドの数も 1 個以上

であれば任意の数設けてもよい。また、スイングアーム 79 の形状や駆動方式も図面に示すものに限らず、リニア駆動方式、その他の方式でも良いのはもちろんである。

#### 産業上の利用可能性

以上、詳細に説明したように、本発明の垂直磁気記録媒体は、前記下地層が、2種類の元素を主体とする合金により構成され、前記両元素の室温における酸化物または窒化物生成標準自由エネルギー  $\Delta G^\circ$  の差が、 $70 \text{ kJ/mol}$  [ $\text{O}_2$  または  $\text{N}_2$ ] 以上とされており、前記下地層を構成する結晶粒が、前記2元素のうち  $\Delta G^\circ$  の高い元素を主体として構成され、前記下地層の結晶粒界が、前記  $\Delta G^\circ$  の低い元素の酸化物または窒化物を主体として構成されたことで、高保磁力が得られ、かつ磁性層の結晶粒間の磁氣的相互作用が低減されるので、高記録密度での情報の記録再生が可能である。

次に、本発明に係る製造方法によれば、非磁性基板上に、下地層を形成する工程と、前記下地層上に磁気情報を記録するための磁性層を形成する工程とを含み、前記下地層を形成する工程において、下地層を構成する元素のうち、少なくとも1種以上の元素の酸素物又は窒素物を下地層中に形成する構成により、上記磁性層の結晶粒間の磁氣的相互作用が小さく、記録再生特性に優れた垂直記録媒体を容易に製造することができる。

## 25

## 請求の範囲

1. 非磁性基板と、該非磁性基板上に直接または間接的に形成された下地層と、該下地層上に形成された磁気情報を記録するための磁性層とを有し、

前記下地層は、2種類の元素を主体とする合金により構成され、前記両元素の室温における酸化物または窒化物生成標準自由エネルギー $\Delta G^\circ$ の差は、 $70 \text{ kJ/mol} [\text{O}_2 \text{ 又は } \text{N}_2]$ 以上とされており、

前記下地層を構成する結晶粒は、前記2元素のうち $\Delta G^\circ$ の高い元素を主体として構成され、

前記下地層の結晶粒界は、前記 $\Delta G^\circ$ の低い元素の酸化物または窒化物を主体として構成されていることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

2. 前記下地層に含まれる $\Delta G^\circ$ の低い元素は、B, Al, Si, Ti, Zr, Hf, Ta, Mn, Mg, Ca, Be, Ceのいずれかであることを特徴とする第1項に記載の垂直磁気記録媒体。

3. 前記下地層に含まれる $\Delta G^\circ$ の低い元素の含有量は、10at%以上90at%以下であることを特徴とする第2項に記載の垂直磁気記録媒体。

4. 前記下地層に含まれる $\Delta G^\circ$ の低い元素の含有量は、20at%以上60at%以下であることを特徴とする第2項に記載の垂直磁気記録媒体。

5. 前記下地層に含まれる $\Delta G^\circ$ の高い元素は、Cu, Zn, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Re, Os, Ir, Pt, Auのいずれかであることを特徴とする第1項ないし第4項のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体。

6. 前記下地層に含まれる $\Delta G^\circ$ の高い元素の含有量は、10at%以上90at%以下であることを特徴とする第5項に記載の垂直磁気記録媒体。

7. 前記下地層に含まれる $\Delta G^\circ$ の高い元素の含有量は、40at%以上80at%以下であることを特徴とする第5項に記載の垂直磁気記録媒体。

## 26

8. 前記下地層の膜厚は、0.5 nm以上25 nm以下であることを特徴とする第1項ないし第7項のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体。

9. 前記下地層と、磁性層との間に中間層が設けられており、

前記中間層は、面心立方構造 (fcc) 又は細密六方晶構造 (hcp) を有することを特徴とする第1項ないし第8項のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体。

10. 前記中間層の膜厚は、0.5 nm以上10 nm以下であることを特徴とする第9項に記載の垂直磁気記録媒体。

11. 前記磁性層は、CoとCrを主成分とする合金により構成されていることを特徴とする第1項ないし第10項のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体。

12. 前記磁性層は、Coを主体とする層と、Pdを主体とする層とが交互に複数積層された多層膜であることを特徴とする第1項ないし第10項のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体。

13. 前記Coを主体とする層は、CoX合金により構成されており、前記Xは、B, Al, Si, Ti, Zr, Hf, Ta, Mn, Mg, Ca, Be, Ceのいずれかであることを特徴とする第12項に記載の垂直磁気記録媒体。

14. 非磁性基板上に、下地層を形成する工程と、

前記下地層上に磁気情報を記録するための磁性層を形成する工程とを含み、

前記下地層を形成する工程において、下地層を構成する元素のうち、少なくとも1種以上の元素の酸素物又は窒素物を下地層中に形成することを特徴とする垂直磁気記録媒体の製造方法。

15. 前記下地層を2種類の元素を主体とする合金で構成し、

前記両元素を、室温における酸化物または窒化物生成標準自由エネルギー  $\Delta G^\circ$  の差が  $70 \text{ kJ/mol}$  [ $\text{O}_2$  又は  $\text{N}_2$ ] 以上である 2 元素により構成することを特徴とする第 14 項に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

16. 前記下地層を成膜する工程において、酸素又は窒素を含む成膜ガスを用い、前記成膜ガス中の酸素又は窒素の分圧を、 $10^{-6} \text{ Torr}$  以上  $6 \times 10^{-2} \text{ Torr}$  以下とすることを特徴とする第 14 項又は第 15 項に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

17. 前記磁性層を成膜する工程において、酸素又は窒素を含む成膜ガスを用い、前記成膜ガス中の酸素又は窒素の分圧を、 $10^{-6} \text{ Torr}$  以上  $6 \times 10^{-2} \text{ Torr}$  以下とすることを特徴とする第 14 項ないし第 16 項のいずれか 1 項に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

18. 前記下地層を成膜後に、該下地層の表面を酸素又は窒素を含む雰囲気中に暴露する工程を含むことを特徴とする第 14 項ないし第 17 項のいずれか 1 項に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

19. 前記下地層を構成する合金として、該合金に含まれる前記  $\Delta G^\circ$  の低い元素が、B, Al, Si, Ti, Zr, Hf, Ta, Mn, Mg, Ca, Be, Ce のいずれかである合金を用いることを特徴とする第 15 項又は第 16 項のいずれか 1 項に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

20. 前記合金に含まれる  $\Delta G^\circ$  の低い元素の含有量を、 $10 \text{ at\%}$  以上  $90 \text{ at\%}$  以下とすることを特徴とする第 17 項に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

21. 前記合金に含まれる  $\Delta G^\circ$  の低い元素の含有量を、 $20 \text{ at\%}$  以上  $60 \text{ at\%}$  以下とすることを特徴とする第 17 項に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

22. 前記下地層を構成する合金として、該合金に含まれる前記  $\Delta G^\circ$  の高い元素が、Cu, Zn, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Re, Os, Ir, Pt, Auのいずれかである合金を用いることを特徴とする第15項ないし第18項のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

23. 前記合金に含まれる  $\Delta G^\circ$  の高い元素の含有量を、10at%以上90at%以下とすることを特徴とする第19項に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

24. 前記合金に含まれる  $\Delta G^\circ$  の高い元素の含有量を、40at%以上80at%以下とすることを特徴とする第19項に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

25. 第1項ないし第13項のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体と、該垂直磁気記録媒体を駆動するための駆動部と、磁気情報の記録再生を行うための磁気ヘッドとを備え、移動する前垂直磁気記録媒体に対して前記磁気ヘッドにより磁気情報の記録再生を行うことを特徴とする磁気記録装置。

図 1

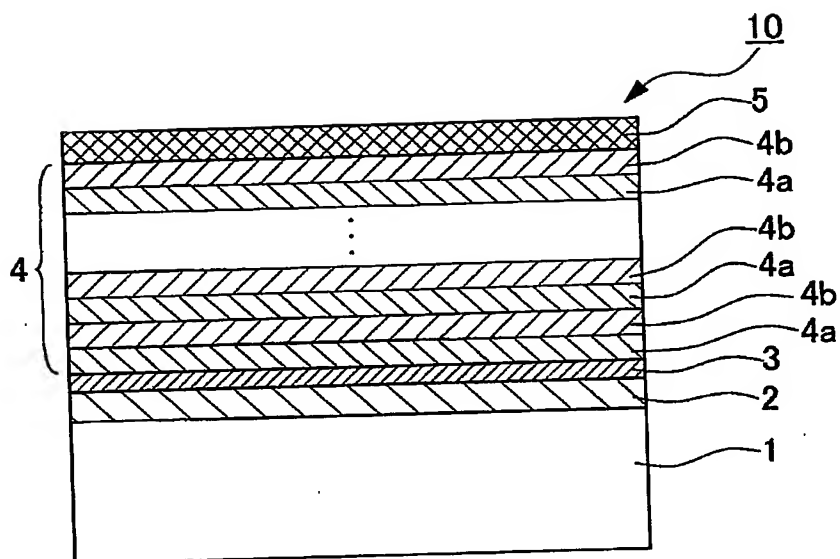


図 2

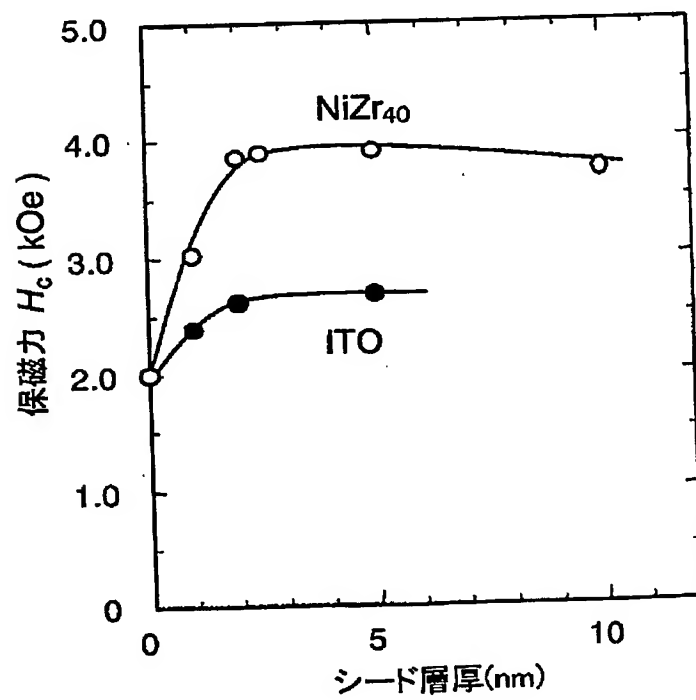


図 3

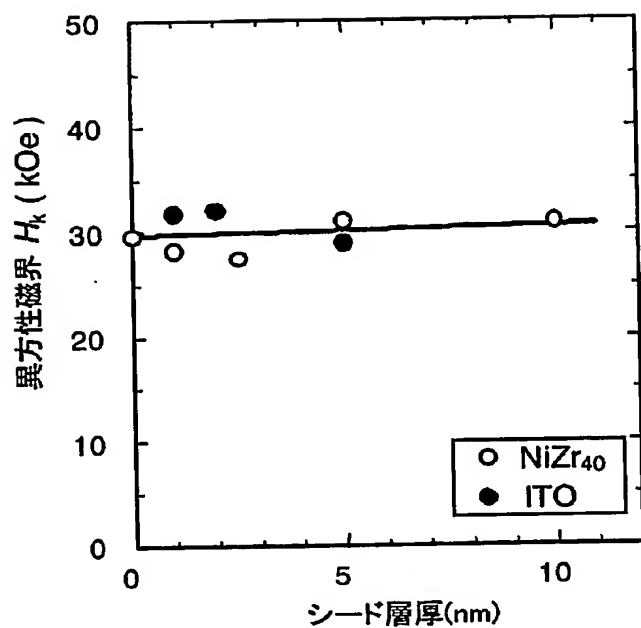


図 4

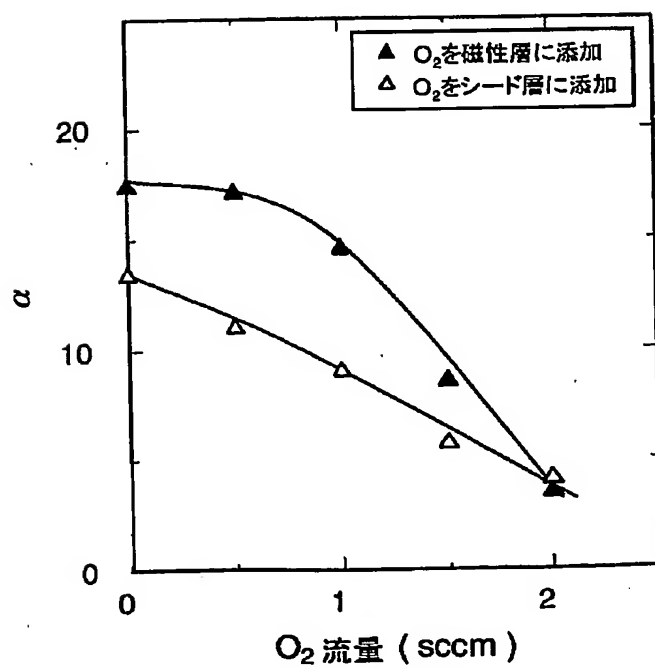




図 5

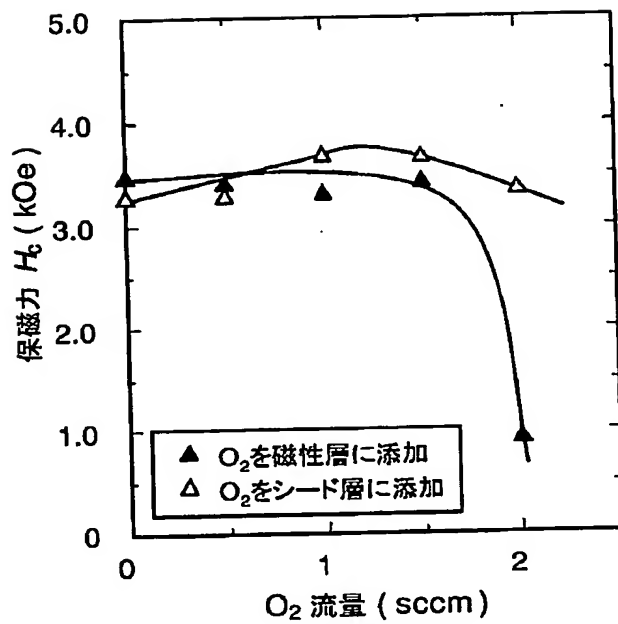


図 6

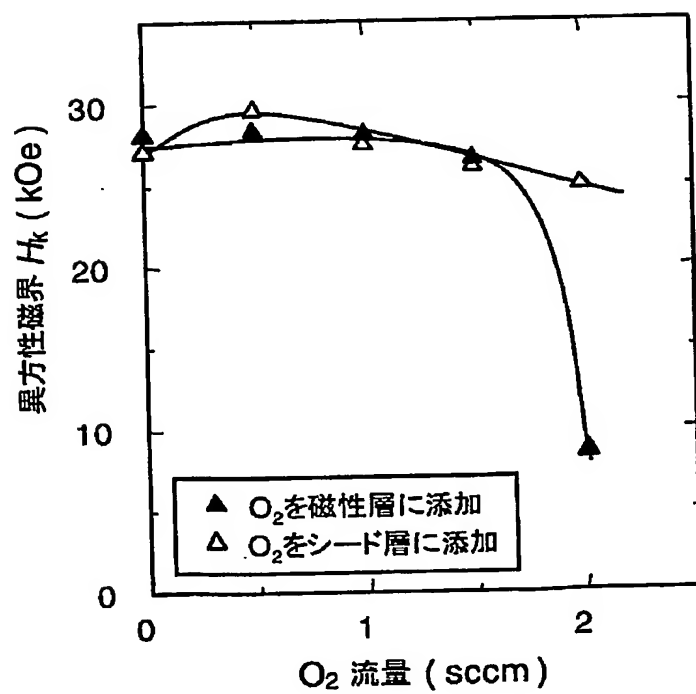


図 7

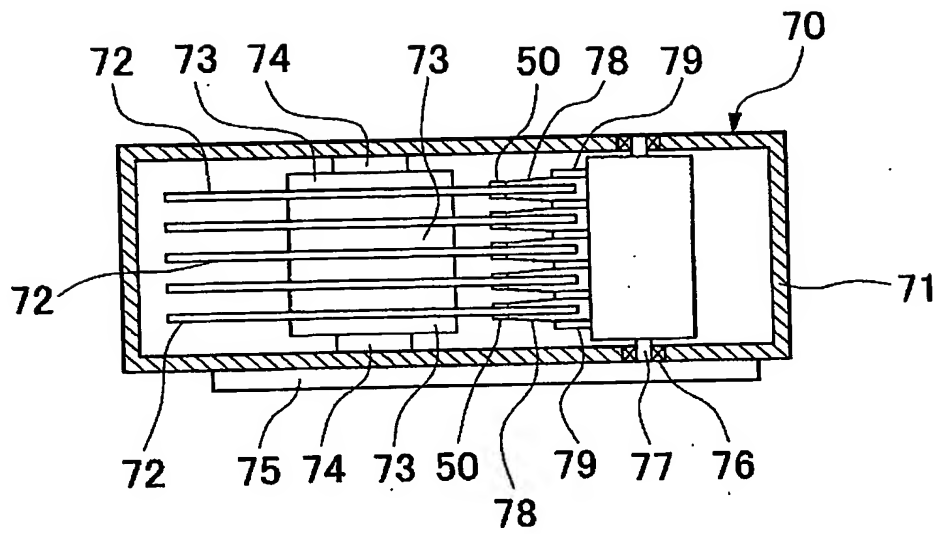


図 8

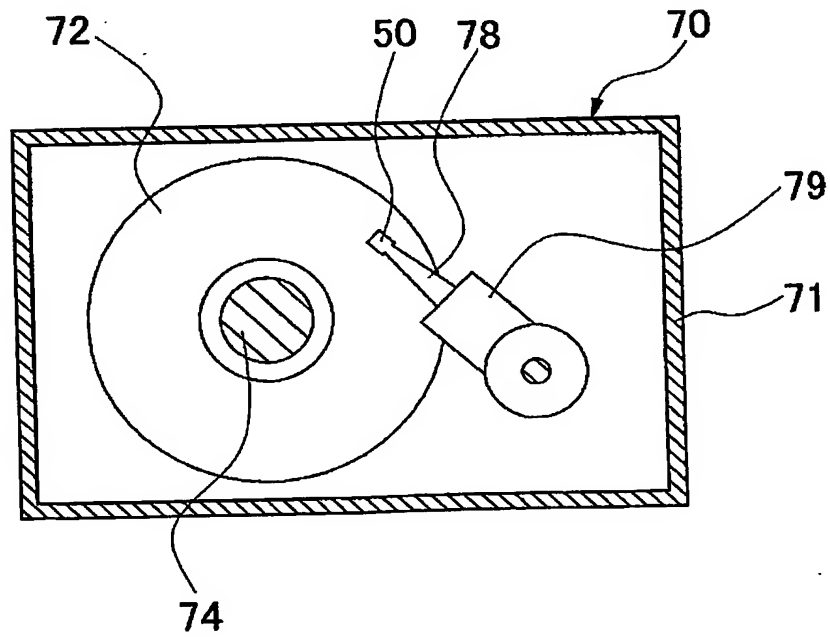


図 9

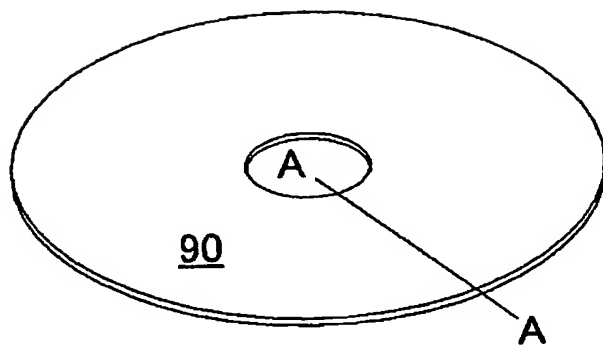
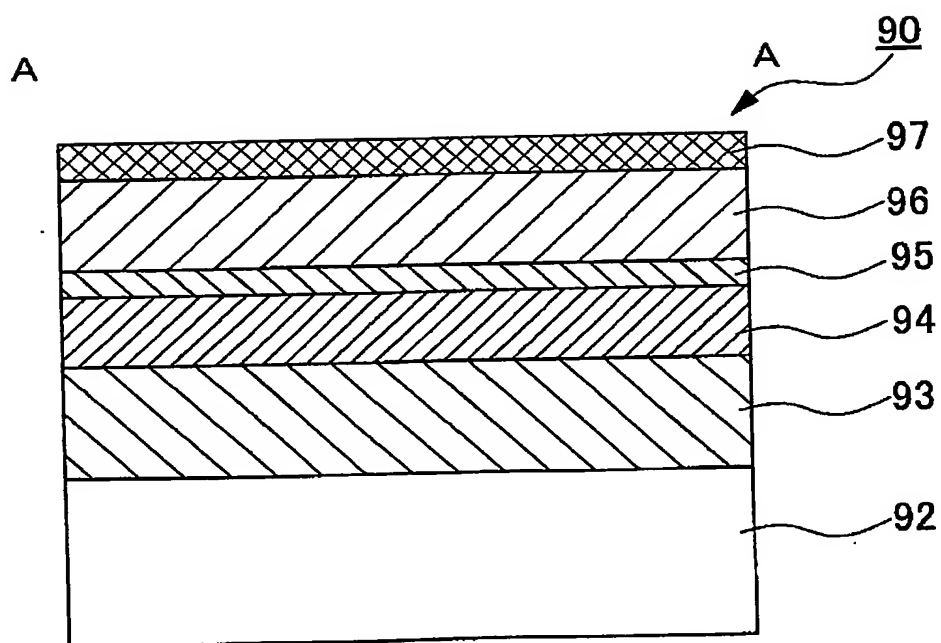


図 10



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03441

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G11B5/738, 5/65, 5/673, 5/851

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G11B5/62-5/858

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-155329 A (Sony Corp.), 08 June, 2001 (08.06.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-25
Y	JP 2002-25032 A (Sony Corp.), 25 January, 2002 (25.01.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-25
Y	JP 10-143865 A (Hitachi, Ltd.), 29 May, 1998 (29.05.98), Full text; all drawings & EP 840293 A1 & US 6197367 B1	1-25

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search  
28 May, 2003 (28.05.03)

Date of mailing of the international search report  
10 June, 2003 (10.06.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03441

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	JP 2002-260219 A (Hitachi Maxell, Ltd.), 13 September, 2002 (13.09.02), Full text; all drawings (Family: none)	1

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 G11B5/738, 5/65, 5/673, 5/851

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 G11B5/62-5/858

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-155329 A (ソニー株式会社) 2001.06.08 全文、全図 (ファミリーなし)	1-25
Y	JP 2002-25032 A (ソニー株式会社) 2002.01.25 全文、全図 (ファミリーなし)	1-25
Y	JP 10-143865 A (株式会社日立製作所) 1998.05.29 全文、全図 & EP 840293 A1 & US 6197367 B1	1-25

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28.05.03

国際調査報告の発送日

10.06.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

日下 善之



印

5D

3045

電話番号 03-3581-1101 内線 3550

